

CÁLCULO DEL POTENCIAL DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA DE LA CUBIERTA DE UN EDIFICIO PÚBLICO EMPLEANDO EL SOFTWARE RETSCREEN, Y ESTIMACIÓN DEL IMPACTO VISUAL QUE PRODUCIRA LA INTEGRACIÓN CASO: TERMINAL DE ÓMNIBUS DE SANTIAGO DEL ESTERO

S. L. Rigali¹, J. A. González²

(1) Departamento de Electricidad - Instituto de Tecnologías Aplicadas - Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías
Universidad Nacional de Santiago del Estero

srigali@unse.edu.ar

(2) Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología - Universidad Nacional de Tucumán

jgonzalez@herrera.unt.edu.ar

RESUMEN: Este trabajo propone evaluar la potencialidad que presenta la Terminal de Ómnibus de Santiago del Estero, como productora de energía eléctrica mediante el uso de Tecnología Fotovoltaica Conectada a Red. La estimación se hace, introduciendo algunas simplificaciones a la geometría de la cubierta, donde se dispondrán los módulos, y valiéndose de la herramienta de Software RETScreen. El resultado obtenido en energía eléctrica generada por año (Megavatios- hora) es convertido para una más precisa cuantificación del CO₂ en juego, a Toneladas Equivalentes de Petróleo, teniendo en cuenta, como base la matriz eléctrica de la República Argentina, y a su vez, es comparado con el número equivalente de árboles “modelo” que esta instalación representa.

En un apartado especial se aborda una metodología que permite evaluar el impacto visual que la intervención provocaría en el edificio, y en el paisaje urbano de la primera ciudad fundada en el territorio nacional.

Palabras clave: energías renovables, edificio fotovoltaico, cubierta, impacto visual, paisaje urbano.

INTRODUCCIÓN

Los edificios públicos debieran concebirse con el criterio que se reduzca al mínimo posible la cantidad de energía necesaria para su funcionamiento. La utilización de materiales, sistemas constructivos, tecnologías de producción, transporte, montaje y desmontaje de elementos constructivos debiera tener en cuenta las cantidades de energía a consumir y las posibilidades de reciclado. En todo proyecto de edificios públicos para satisfacer las exigencias de confort, se debe incorporar elementos de captación o protección solar, aislamiento que controle pérdida o ganancia de calor, ventilación y control de humedad, iluminación natural, etc., con un efecto inmediato y directo. Las restantes necesidades energéticas en términos de calefacción, refrigeración, electricidad, ventilación e iluminación artificial, se podrían satisfacer haciendo uso de diversas formas de Energías Renovables (EERR) y ecológicamente sostenibles (Cañavate Cazorla D. et al 2.008).

Los edificios fotovoltaicos conectados a red configuran una de estas formas ecológicamente sostenibles, y constituyen una alternativa válida en ciudades europeas a la hora de disminuir los gases de efecto invernadero, en un marco de promoción estatal que estimula este tipo de inversión. Así, muchos edificios han dejado de ser consumidores para autoabastecerse, y transformarse en generadores de energía verde que se vierte a la red a precios razonables.

En la República Argentina (RA) la legislación no impulsa los edificios fotovoltaicos conectados a red (EFVCR), si bien el Régimen de Fomento Nacional para el uso de Fuentes Renovables de Energía destinada a la producción de Energía Eléctrica, o Ley 26.190/06, representa un avance importante, ya que declara de interés nacional la generación con energía renovables, e instituye un Régimen de Inversiones con beneficios impositivos, planteando el objetivo de lograr una contribución del 8% de EERR, en la matriz eléctrica en un plazo de diez años (excluyendo a la gran hidráulica), no estimula directamente el ingreso de pequeños generadores de Fotovoltaica (FV) al sistema.

El objetivo general que se persigue en los EFVCR, es maximizar la generación de energía eléctrica, en el marco de los condicionantes particulares que suponen las características del sistema (tamaños y eficiencias de sus componentes), del lugar (evolución de la radiación solar y la temperatura ambiente), y de la ubicación concreta (orientación y eventuales sombras sobre la superficie del generador). El cálculo preciso de dicha energía es un problema complejo, no sólo por su propia naturaleza —la radiación solar y la temperatura ambiente son funciones del tiempo, cuya descripción matemática dista de ser sencilla—, sino también por la dificultad inherente a la adquisición de algunos datos necesarios (la información relativa al sombreado, por ejemplo). Abordar en detalle este problema supone trabajar en una escala horaria de tiempos (casi 6.000 cálculos por año), utilizar modelos anisotrópicos para describir el comportamiento de la radiación difusa, y proceder a laboriosos levantamientos topográficos para determinar la duración y efecto de las sombras proyectadas por cualquier obstáculo circundante (Rey-Stolle Prado I., 2.007).

La integración arquitectónica es relevante cuando se encaran este tipo de instalaciones, en los comienzos de aplicación de fotovoltaica a las cubiertas, quizás esta tecnología era considerada un elemento innovador y se buscaba destacarlo. Más hoy la tendencia es mimetizarlo con el edificio, y evitar afectar la estética del mismo, y el paisaje urbano.

EL EDIFICIO

La Terminal de Ómnibus es un ícono de la ciudad de Santiago del Estero, orgullo de sus residentes y gobernantes, inaugurada en Octubre del 2008, vino a satisfacer un anhelo que durante décadas, tuvieron los santiagueños, debido a las deficientes condiciones del edificio original. Su finalización, en un plazo inmejorable, fue recibida con beneplácito y no hubo espacio para el análisis del consumo energético que su funcionamiento demandaría, u otras condiciones requeridas en construcciones bioclimáticas.

Se trata de un edificio de 14 mil metros cuadrados cubiertos con 35 dárseas, en la planta baja (PB) se ubican las boleterías, la sala de espera y comercios, que se comunican con la planta alta (PA) a través de escaleras mecánicas, rampas y ascensores panorámicos. En la parte superior hay un pre-embarque vidriado por el que se accede a los colectivos, cuya salida es anunciada con carteles luminosos. La PB adquiere una espacialidad singular en las dobles alturas que conectan con la PA y que permiten visualizar la cubierta superior desde abajo vinculando verticalmente las dos plantas. Un lucernario central longitudinal permite invadir con luz el corazón del edificio. Al llegar a la PA se tiene un panorama transparente de 360°, visualizándose todos los andenes. Hay allí también áreas de espera inmediatas de acuerdo a la puerta que deba abordar el pasajero. Una cabina sobre-elevada ubicada en el extremo Sur, con vista a la llegada del Viaducto, es el centro de operaciones de la Terminal. Para su normal funcionamiento este “acorazado” requiere energía eléctrica las 24 horas, véase Figura 1. Fue construido con una absoluta falta de visión sostenible, erigiéndose como una isla de consumo energético. Se plantea buscar una alternativa, y aprovechar esta gigantesca cubierta para instalar un generador fotovoltaico.

LA ELECCIÓN DEL MODELO RETSCREEN PARA EL CÁLCULO

El RETScreen Version 4 es un software cuyas capacidades han sido expandidas a partir de la energía renovable, para incluir una completa gama de energía limpia viable financieramente, tecnologías de calentamiento y enfriamiento, y medidas de eficiencia energética. El atractivo internacional de esta herramienta de apoyo, que facilita tomar una decisión, radica en que por medio de la expansión de los datos climáticos requeridos cubriendo la superficie entera del planeta, contiene 4.700 sitios de estaciones terrestres, y la incorporación del Registro de Datos de Meteorología de Superficie y Energía Solar de la NASA para áreas pobladas, incluyendo áreas ubicadas en el centro la red, aisladas de la red y fuera de la red, así como a través de la traducción del software a 35 idiomas que abarcan aproximadamente 2/3 de la población mundial.

El Modelo RETScreen Internacional para proyectos de Fotovoltaica se puede utilizar en todo el mundo para evaluar la producción de energía, los costos del ciclo de vida, y la reducción de emisiones del gas de efecto invernadero, en las tres aplicaciones básicas de FV: conectada a red; aislada; y bombeo de agua. Para las aplicaciones con conexión a red el modelo se puede utilizar para evaluar tanto conectado a red, y aisladas. Los beneficios de la generación de energía fotovoltaica conectada a la red son generalmente evaluados en base a su potencial para reducir los costes de producción de energía y capacidad del generador, así como sus beneficios ambientales.

Los sistemas fotovoltaicos tienen pocos componentes, pero el comportamiento de éstos no es lineal, y sus interacciones son complejas. RETScreen utiliza algoritmos simplificados para minimizar los requerimientos de los datos y para acelerar los cálculos, manteniendo al mismo tiempo un nivel aceptable de precisión.



Figura 1: vista aérea del edificio y su cubierta

METODOLOGÍA APLICADA: CONSIDERACIONES ACERCA DE LA GEOMETRÍA DE LA CUBIERTA DEL EDIFICIO

Las recomendaciones respecto a un óptimo funcionamiento del generador fotovoltaico no pueden aplicarse directamente a este edificio debido a que la orientación del mismo, y la inclinación de la cubierta y su alero no son adecuadas.

Se escoge dentro de un espectro de posibles disposiciones, aquella que interviene mínimamente la cubierta, y permite adosar los paneles fotovoltaicos sobre la superficie. El área de captación estaría así conformado por dos superficies de diferente inclinación (A y B) ambas con orientación favorable enfrentadas hacia el Noreste. La zona A, inclinada 10° , y la zona B, inclinada 4° sobre el sector del alero, véase para mejor interpretación las Figuras 2, y 3. Un área disponible de 2.200m^2 , resulta de la suma de las áreas A y B, indicadas en las Figuras 4, y 5, pero se hace necesario para aplicar correctamente el Modelo RETScreen, dividir estas dos superficies en parcelas acordes a su azimut, según se grafica en la Figura 6, ya que por la orientación del edificio será variable la recolección de energía eléctrica a lo largo del año, según el área que ocupen los módulos. Debe destacarse lo conveniente que resulta para simplificar el cálculo, el hecho que la cubierta se encuentra libre de sombras en la actualidad, y a futuro, porque no hay plantados árboles de ese porte, ni otros elementos en la proximidad.

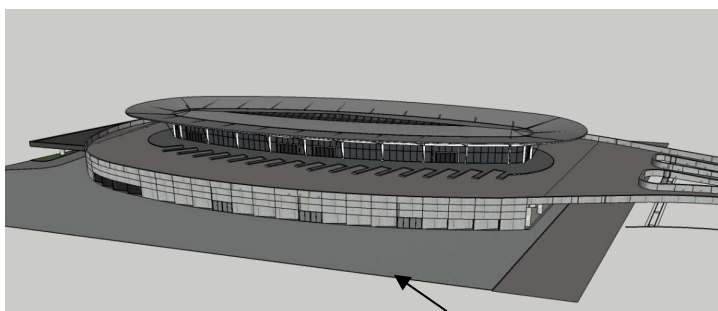


Figura 2: Imagen 3D del edificio

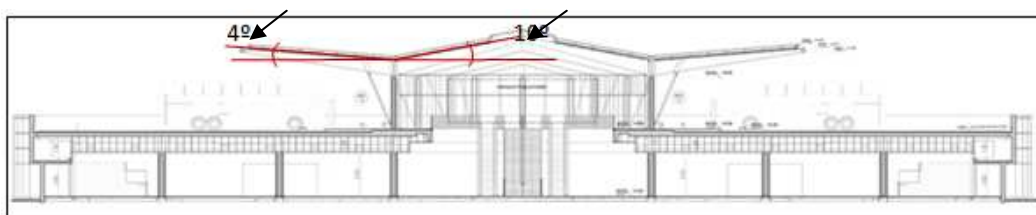


Figura 3: Detalle de la cubierta y su inclinación en corte, las flechas indican la zona donde se ubican los paneles

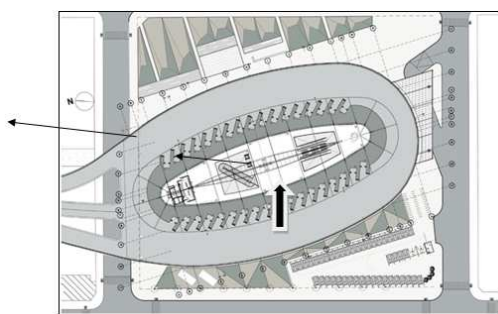


Figura 4: Vista de planta, y ubicación del Norte.

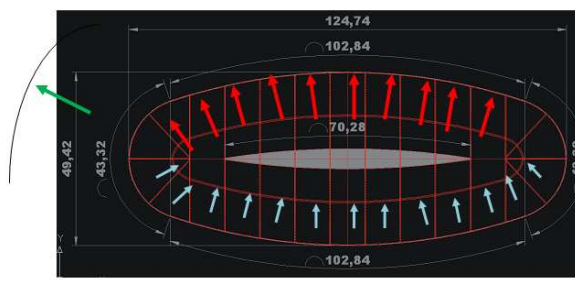


Figura 5: Vista en planta de la superficie disponible

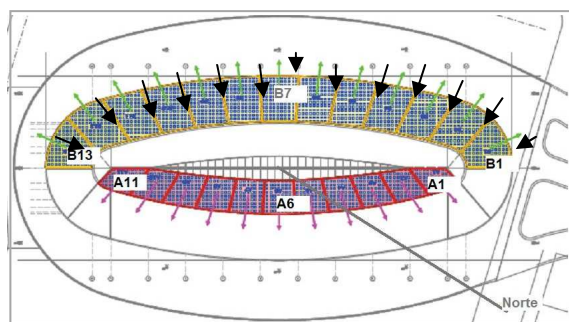


Figura 6.-Superficie inclinada 10° ubicada al noreste en rojo, y el alero inclinado 4° situado al noroeste en azul verdoso. Se aprecia la subdivisión en sectores A y B, se señala la dirección de la proyección de la normal de cada parcela (flechas rojas y negras).

La superficie total disponible en la cubierta es 2200m², la zona con inclinación 10° y una superficie de 800m², denominada A, va a subdividirse en 11 parcelas, A₁, A₂.....A₁₁, cada una un azimut correspondiente y una superficie de 72m², se muestra en la Tabla I, y el alero que tiene una inclinación de 4°, una superficie de 1.400m², se denomina B, se desagregará en 13 áreas, B₁, B₂.....B₁₃, con su azimut y una superficie de 107m² cada una, Tabla II.

Área	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇	A ₈	A ₉	A ₁₀	A ₁₁
Azimut	170°	160°	150°	140°	135°	130°	125°	120°	110°	100°	90°

Tabla I: áreas de la cubierta y su respectivo azimut

Área	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	B ₇	B ₈	B ₉	B ₁₀	B ₁₁	B ₁₂	B ₁₃
Azimut	230°	240°	250°	260°	270°	300°	290°	300°	310°	320°	330°	340°	350°

Tabla II: áreas del alero y su respectivo azimut

CÁLCULO DE LA ENERGÍA OBTENIDA EMPLEANDO EL MODELO RETSCREEN.

En primer lugar se escoge el sistema tecnológico a aplicar, en este caso Energía Fotovoltaica, el software muestra la ventana para crear el Proyecto, a continuación se selecciona el país, y la zona o región, Santiago del Estero con su estación meteorológica, y otra ventana da cuenta de los datos climatológicos y radiación, y se procede a partir de conocer el recurso solar, a evaluar el modelo de energía en base a las distintas tecnologías de fotovoltaica disponibles en el mercado, y la superficie inclinación y azimut considerado. Cuando se llega a la etapa de escoger el producto, se opta por la marca comercial APIN SOLAR, en silicio Monocristalino el modelo RS-190, en especial por su alta eficiencia frente a otras marcas, 14,9%. Continuando con la aplicación se obtiene la energía generada en cada una de las parcelas A₁, A₂, hasta A₁₁, comenzando con A₁ (azimut 170°) de la superficie de cubierta (A) que posee una inclinación de 10°, lo obtenido es 14,36MWh anual. Así se procede para toda la superficie A, y luego de idéntica forma con la B, que posee una inclinación de 4°, y se vierte la información en las Tablas III y IV.

Sección (72m ²)	Azimut	Radiación [Kwh/m/día]		Módulo Mono silicio Apin Solar SP190 14,9% 1,28m ² 56u Pot. Unit. 190W	
		Horizontal	Sobre plano inclinado	Potencia KW	Energía MWh
A ₁	170°	1,70	1,76	10,64	14,36
A ₂	160°	1,70	1,75	10,64	14,33
A ₃	150°	1,70	1,75	10,64	14,29
A ₄	140°	1,70	1,74	10,64	14,23
A ₅	135°	1,70	1,74	10,64	14,19
A ₆	130°	1,70	1,73	10,64	14,15
A ₇	125°	1,70	1,73	10,64	14,11
A ₈	120°	1,70	1,72	10,64	14,06
A ₉	110°	1,70	1,71	10,64	13,96
A ₁₀	100°	1,70	1,70	10,64	13,85
A ₁₁	90°	1,70	1,68	10,64	13,63
energía total que generamos en los 800m ² con 616 Paneles mono Si 190Wp y una potencia instalada de 117KWp					155,16MWh

Tabla III: Construida para la superficie A, con los valores obtenidos de la aplicación del Modelo RETScreen, Radiación recibida y Energía generada empleando paneles Si Monocristalino marca APIN modelo SP-190.

Sección 107m2	Azimut	Radiación [Kwh/m/día]		Módulo Mono silicio Apin Solar SP190 14,9% 1,28m2 83u Pot. Unit. 190W	
		Horizontal	Sobre plano inclinado	Potencia KW	Energía MWh
B ₁	230°	1,70	1,67	15,77	13,62
B ₂	240°	1,70	1,66	15,77	13,58
B ₃	250°	1,70	1,66	15,77	13,59
B ₄	260°	1,70	1,66	15,77	13,58
B ₅	270°	1,70	1,67	15,77	13,62
B ₆	280°	1,70	1,67	15,77	13,64
B ₇	290°	1,70	1,68	15,77	13,67
B ₈	300°	1,70	1,67	15,77	13,72
B ₉	310°	1,70	1,68	15,77	13,76
B ₁₀	320°	1,70	1,69	15,77	13,85
B ₁₁	330°	1,70	1,71	15,77	13,94
B ₁₂	340°	1,70	1,71	15,77	13,98
B ₁₃	350°	1,70	1,71	15,77	14,02
La energía total que generamos en los 1400m2 con 1079 Paneles mono Si 190W y una potencia instalada de 205KW					178,57MWh

Tabla IV: Construida para la superficie B, con los valores obtenidos de la aplicación del Modelo RETScreen, Radiación recibida y Energía generada empleando paneles Si Monocristalino marca APIN modelo SP-190.

El valor de energía obtenido se muestra en la Tabla V.

Zona	Superficie [m ²]	Inclinación	Nº de paneles	Energía Recibida [Kwh/m ² /día] promedio	Potencia instalada [KW]	Energía generada [MWh]
Sector A	792	10°	616	1,728	117	155,16
Sector B	1391	4°	1079	1,680	205	178,17
Totales	2183	-----	1695	1,70	322	333,73

Tabla V: Resumen de la energía recibida y generada según la disposición adoptada (inclinación y azimut), la marca y el modelo escogido generador FV, y los metros cuadrados cubiertos.

COMPARACIÓN DE LOS VALORES OBTENIDOS

A continuación se busca comparar el valor obtenido con otros procedimientos simples de cálculo. En primer término se aplica una metodología práctica (Evans JM et al, 2007), la cual haciendo uso del mapa de la RA con sus diversas regiones de recurso solar (Figura 7), y la Tabla VI, asociada a éste que describe la cantidad máxima de energía (W.h/m²) que es posible obtener como promedio anual, y en el mes crítico, en las distintas zonas. La ciudad de Santiago del Estero se halla en el límite entre las regiones d y e, por lo cual debiera interpolarse los valores presentados en la Tabla VI, y si se instalan paneles de tecnología del tipo Monocristalinos, se podría generar hasta 530Wh/m2 por día, a un costo de 1800US\$ por m2. Debe especificarse que este costo incluye el banco de baterías empleado en un sistema fotovoltaico aislado, lo que no es necesario para sistemas conectados a red, y significa un importante ahorro en la inversión inicial.

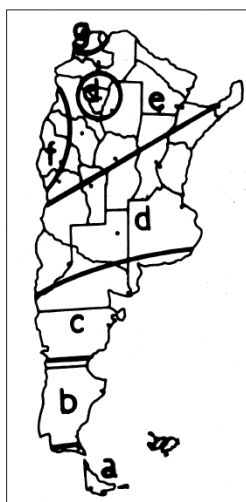


Figura 7- Zonas de la Argentina que refieren la cantidad de energía que puede ser generada. Fuente: Evans JM et al, 2008.

	U\$S/ m ²	Época del año	A	B	C	D	E	F	G
Amorfos	1200	Mes crítico	105	130	165	170	175	190	235
		Promedio anual	115	145	180	190	195	210	260
Policristalinos	1600	Mes crítico	230	285	355	370	385	415	510
		Promedio anual	250	315	395	410	425	455	565
Monocristalinos	1800	Mes crítico	290	360	450	470	490	525	650
		Promedio anual	320	400	500	520	540	580	720

Tabla VI: muestran la energía generada en Wh/m² por día invernal y anual, y el costo aproximado por m² de FV instalado. Fuente:., Evans J M, 2008.

Si se realiza una generalización al edificio, se tiene que el producto de la Superficie de captación por la máxima energía que puede ser generada por m² durante todos los días del año, se muestra en la Ecuación N°1:

$$2183\text{m}^2 \times 530\text{Wh/m}^2 / \text{ día} \times 365 \text{ días} = \mathbf{422\text{MWh}} \quad (1)$$

El resultado obtenido es la energía máxima que puede generarse en esa región de la Argentina con esta tecnología. Pero en este caso debido a las características de orientación e inclinación de la cubierta, se pierde eficiencia, y se tiene una considerable disminución de ese potencial (21%), y lo que efectivamente se puede generar anualmente según el software es: **333,73MWh**.

Otras investigaciones (Lillo I, 2009) demuestran que la capacidad de convertir la energía captada para un sistema conectado a red es de aproximadamente un 9%, considerando la radiación horizontal diaria, la cual para la ciudad de SE, en promedio es 4,66 KWh/m²-día (Grossi Gallegos H., Righini R., 1998), y la superficie total de captación, se tiene la siguiente expresión:

$$365\text{días} * 4,66 \text{ KWh/m}^2\text{-día} * 2183\text{m}^2 * 0,09 = \mathbf{334\text{MWh}} \quad (2)$$

Lo obtenido de la ecuación N° 2, resulta una cantidad coincidente con lo obtenido aplicando RETScreen.

CÁLCULO DE LAS TONELADAS DE CO₂ NO EMITIDAS A LA ATMÓSFERA

Para realizar el cálculo de la reducción del principal gas de efecto invernadero, por su abundancia, el CO₂, expresado en toneladas equivalentes de petróleo no emitidas a la atmósfera, se aplicará una metodología propuesta (Perczyk D, 2007) aplicable a Proyectos que reducen el consumo de electricidad. El objetivo de ese trabajo es determinar un Factor de Emisiones ("FE") de CO₂ para la Red Argentina y así mismo fomentar el desarrollo de proyectos de Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) del Protocolo de Kioto, conectados a la Red. Entre las ventajas de utilizar este factor FE publicado se cuenta: ahorro de tiempo, ahorro de costo de transacción del MDL. Los organismos participantes en la determinación del FE han sido: SAYS (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sostenible) y Secretaría de Energía; CAMMESA (provisión de datos). El estudio muestra la cantidad de emisiones de CO₂ por MWh de electricidad generada en la red. Se hace la salvedad que este factor debe ser calculado en base a metodologías aprobadas por la Junta Ejecutiva del MDL.

Este factor es aplicable a: Proyectos MDL de energía renovable conectados a la red eléctrica argentina (Fotovoltaica conectada a red, eólica, etc.), Proyectos que reducen el consumo de electricidad de la red eléctrica argentina (Eficiencia energética), y Proyectos MDL que consumen energía eléctrica de la red eléctrica argentina.

Del análisis resulta que las Emisiones reducidas por el proyecto son el producto de la Energía entregada a la red por el factor de emisión de emisiones EF calculado para la RA en 0.40 ton/ MWh. Trasladando esta expresión al proyecto de EFVCR en análisis, se tiene la ecuación N° 3.

$$333,73\text{MWh} \times 0,40\text{ton} / \text{MWh} = 133,492 \text{ ton} \quad (3)$$

Para ponderar esta cantidad se debe tener presente que la huella de carbono de un habitante de la RA asumiendo un “consumo promedio” es de 6 ton CO₂ al año (Girardin, L., 2.009), para un estadounidense es aproximadamente de 20Tn CO₂, la diferencia en las huellas de carbono con estos países se debe tanto a los contrastes existentes en los modelos productivos, como al estilo de vida de los ciudadanos. Si ahora, se compara esta cantidad desplazada de dióxido de carbono con el dióxido que absorbe anualmente un árbol “modelo”, aproximadamente: 0,67 t de CO₂ (Greenfleet, 2009), se tiene:

$$133,73\text{ton} / 0,67 \text{ árboles/ton} = 199,24 \text{ árboles} \approx 200 \text{ árboles} \quad (4)$$

La Ecuación N° 4, muestra que 133,492 toneladas de CO₂ por año es la cantidad equivalente de CO₂ que 200 árboles “modelo” son capaces de absorber, por lo que se evidencia la necesidad de disminuir la emisión de CO₂, sobre todo en el actual escenario mundial en el que cada vez se talan más árboles, en lugar de aumentar la superficie boscosa de la Tierra.

ESTIMACIÓN DEL IMPACTO VISUAL DEL EDIFICIO CON SU INSTALACIÓN FV EN LA CUENCA VISUAL

La Figura 8 muestra una vista de planta del edificio, y el viaducto de acceso, se puede apreciar el volumen importante de la construcción, la superficie que ocupa y el impacto resultante de ello, que no se verá incrementado por la incorporación de una cubierta Fotovoltaica.

En la Figura 9 se muestra una visión del conjunto, en esta fotografía se percibe lo inapreciable que es la cubierta para la mayoría de los usuarios del edificio. Sólo se advertirá la presencia de los módulos desde un edificio que funciona como depósito de un comercio, ubicado a 50metros al norte, y desde el Palacio de Tribunales, una construcción de cinco plantas, ubicada al Sur, a 400m. La Tabla VII nos resume esta situación.

			Ponderación	Impacto
Percepción visual de la cubierta integrada con paneles fotovoltaicos	Elementos urbanos Corta distancia (0-100m)	Sólo visible desde un depósito de 4 plantas, ubicado a 50m, al norte.	si	Moderado
	Elementos urbanos Media distancia (100-500m)	Visible desde el Palacio de Tribunales, 5 plantas a 400m	si	Moderado

Tabla VII: Percepción visual en el espacio urbano del edificio con GFVCR

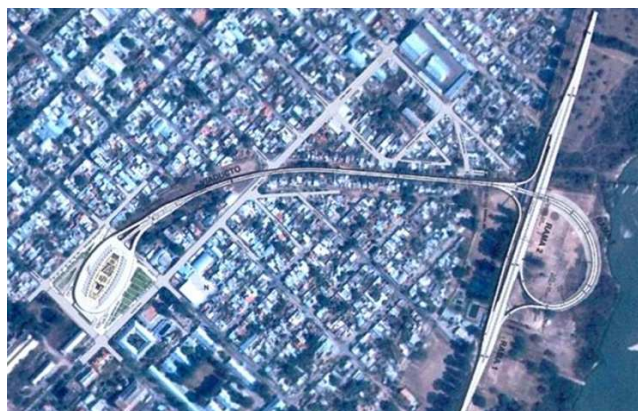


Figura 8: vista de planta del edificio, y el viaducto de acceso



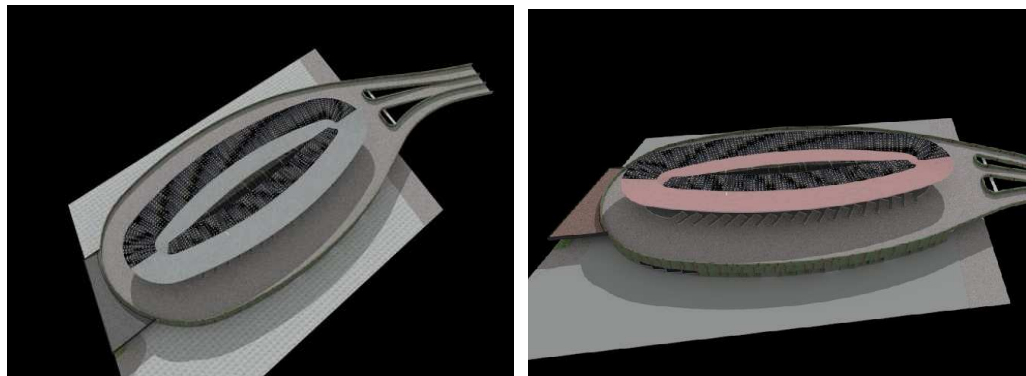
Figura 9: Vista donde se aprecia la cubierta

INTEGRACIÓN DEL GFV AL EDIFICIO

Haciendo una aproximación con una metodología aplicada para evaluar el impacto en instalaciones solares térmicas (Martínez Davinson, J. 2.009), los parámetros del generador fotovoltaico a tener en consideración son: Superficie de los paneles; Inclinación de los paneles; Orientación de los paneles; Colores y Reflectancia de la superficie de paneles. Y como elementos del edificio impactados se tiene: Volúmenes de la edificación; Superficie de las cubiertas y fachadas; Colores de las cubiertas y fachadas; Y Estética de las cubiertas y fachadas.

Los módulos reposan sobre la envoltura del edificio, quedando paralelos a ésta, de esta forma se logra un grado de integración media con superposición. Entre las ventajas se obtiene un moderado impacto visual, y menos carga de viento; y entre las desventajas, esto no supone ahorro de elementos constructivos. Esta aplicación es típica y se la encuentra siempre en edificios reformados.

Se estima un impacto moderado (superpuesto-estándar). Y si se tienen en cuenta otros aspectos, por ejemplo: Superficie, Color y Material de la cubierta, y Tipología del edificio, se infiere que el impacto es mínimo, ya que la cubierta es de color gris acero, el vidriado del lucernario y ventanas es gris tonalizado, de modo que los módulos de Silicio Monocristalino son absolutamente compatibles. Las Figuras 10,11 y 12, son simulaciones en 3D, que muestran la ubicación de los módulos sobre la cubierta.



Figuras 10, y 11- Ubicación de los módulos escogidos de acuerdo a la orientación e inclinación más favorable de la cubierta, el color rosa no es real, fue escogido para resaltar los módulos en la figura.

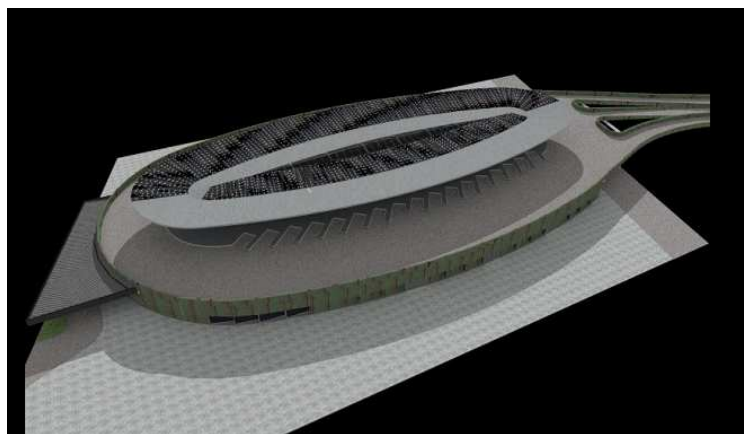


Figura 12- Simulación 3D de la integración arquitectónica del GFVCR. Vista Noreste.

CONCLUSIONES

La energía que es posible generar, reconvirtiendo este edificio (334MWh anuales) representa sólo una fracción de la energía consumida, cuota que podría alcanzar para cubrir las necesidades de iluminación que se estiman en edificios no residenciales para la RA en un 25% del total (Rigali S, Raitelli M. 2.008). Se debe considerar que en el diseño del mismo, no se tuvieron en cuenta medidas de eficiencia.

Haciendo una abstracción del actual escenario en la RA, dejando de lado el marco legal que no es alentador para la fotovoltaica conectada a red, y las tarifas de energía eléctrica altamente subsidiadas por el estado, que desdibujan la viabilidad de estos emprendimientos, es insoslayable que existe una crisis energética, y es un buen momento para optar por lo sustentable y lo distribuido. Los recursos no renovables como el gas y el petróleo, deberían ser empleados con restricción, y el uso racional de la energía ser re-significado hasta convertirse en una línea que abarque los combustibles líquidos y gaseosos, la energía eléctrica, el diseño y construcción de viviendas, y la incorporación de sistemas basados en fuentes renovables.

La Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, a través del Fondo Tecnológico Argentino (FONTAR) administra recursos de distinto origen, tanto públicos como privados, y financia proyectos de innovación a través de distintos instrumentos, que se implementan por medio del proceso de Convocatorias Públicas o Ventanilla Permanente. Además existen otros instrumentos de financiamiento ofrecidos a través de concurso para obtener subsidios del Banco Interamericano de Desarrollo. Este proyecto podría concretarse si se presenta a una de estas convocatorias, y se suman los esfuerzos de dos o más organismos gubernamentales, y algún actor privado, por ejemplo la Universidad, el Gobierno de la Provincia y la empresa concesionaria de la Terminal de Omnibus.

Además podría realizarse sobre esta base, estudios de mejoramiento de la ubicación de los paneles en la cubierta del edificio para optimizar la producción de energía, producción de energía considerando paneles otras tecnología constructivas: policristalinos y de Si-a, y un análisis de costos.

REFERENCIAS

- Cañavate Cazorla D., Pérez-Solano M J., Valdazo y Sánchez Astillero M.- 2.008- La incorporación de la energía solar al proyecto arquitectónico- Manual – Agencia Andaluza de la energía
- Evans J M, De Schiller S., 2008, Apuntes de Cátedra de Arquitectura Bioclimática, UBA; Argentina
- Frezzi P. Noviembre 2009. Revista Mercado Eléctrico, Matriz Energética Nacional. Visión Empresarial y perspectivas de Negocios.
- Girardin L, et al, 2009, “Energías Renovables, Diagnóstico Barreras y Propuestas”, elaborado por la Secretaría de Energía de la Nación, la Fundación Bariloche y REEEP (renewable energy & energy efficiency partnership),
- Godfrey Boyle, 2000 Renewable Energy. Power for a Sustainable Future, the Open University – Oxford.
- Greenfleet, 2009, www.greenfleet.com.au/Offset_emissions/index.aspx
- López de Asiain J, 2.003, “Integración arquitectónica de instalaciones de energía solar térmica”
- Martínez Davinson, 2009. Impacto visual de instalaciones de energías solar térmica en el paisaje urbano.
- Perczyk Daniel, Febrero, 2007, Secretaría de Energía, Determinación del Factor de Emisión de CO₂ de la Red Argentina. The Project for the Reinforcement of the Fundamentals for CDM Projects
- Rey-Stolle Prado I., 2.007 Instituto de Energía Solar – Dimensionado Básico y Diseño de Instalaciones de Energía Solar Fotovoltaica –Universidad Politécnica de Madrid
- Rigali,S., Raitelli M. et al, 2008, Nueva Terminal de ómnibus de Santiago del Estero, estimación del potencial de energía eléctrica destinada a iluminación, Valparaíso, Luxamérica.
- Secretaría de Energía de la Nación, Mayo de 2.004., Descripción Desarrollo y Perspectivas de las Energías Renovables en la Argentina y en el mundo.

ABSTRACT

This work intends to evaluate the potential as a generator of electricity, of a public building, the bus terminal in Santiago del Estero, using a network Connected Photovoltaic Technology. The estimation is done by introducing certain simplifications to the geometry of the cover, which will have the modules, and using the RETScreen software tool. The output of electricity generated per year (megawatt-hours) is converted to a more precise quantification of CO₂ in play, tons of oil equivalent, taking into account, based on the electrical grid of Argentina, and in turn, is compared with the equivalent number of trees “model” that this facility represents.

In a special section discusses a methodology to assess the visual impact that the intervention would result in the building and the cityscape of the first city founded in the country.

Keywords: Renewable energy, building photovoltaic, roof, visual impact, urban landscape